

Londrina, PR
Maio, 2016

Autores

Julio Cezar Franchini, Dr.
Engenheiro Agrônomo
Embrapa Soja, Londrina, PR
julio.franchini@embrapa.br

Alvadi A. Balbinot Jr., Dr.
Engenheiro Agrônomo
Embrapa Soja, Londrina, PR
alvadi.balbinot@embrapa.br

Henrique Debiasi, Dr.
Engenheiro Agrônomo
Embrapa Soja, Londrina, PR
henrique.debiasi@embrapa.br

Joaquim Mariano Costa
Engenheiro Agrônomo
Coamo, Campo Mourão, PR
jmariano@coamo.com.br

Fernando Ribeiro Sichieri
Engenheiro Agrônomo
Fartura Consultoria, Colorado, PR
fernandosichieri@bol.com.br

Leandro Cezar Teixeira
Engenheiro Agrônomo
Cocamar, Maringá, PR

Soja em solos arenosos: papel do Sistema Plantio Direto e da Integração Lavoura-Pecuária



Nas últimas três décadas, a produtividade média da soja aumentou expressivamente no Brasil, em razão da geração, ajuste e transferência de tecnologias. Atualmente, a produtividade brasileira de soja é similar a dos Estados Unidos e Argentina – próximo a 3 t ha⁻¹. No entanto, há registros de produtividades superiores a 6 t ha⁻¹, demonstrando o elevado potencial produtivo da cultura.

A produtividade de grãos de soja é dependente das características genéticas das plantas, do manejo, da oferta ambiental e da interação entre esses fatores. Em relação aos fatores ambientais, a temperatura ideal para crescimento e desenvolvimento da soja se encontra na faixa de 20 a 30°C. Temperaturas fora dessa faixa podem provocar estresse por frio ou calor. Em relação à disponibilidade hídrica, a soja é muito sensível ao déficit hídrico nas fases de estabelecimento, floração e enchimento de grãos. A fase de crescimento vegetativo é menos afetada pela carência de água. Outros dois fatores climáticos que influenciam o desempenho da cultura são o comprimento do dia, já que a soja responde ao fotoperíodo e a radiação solar. As características de solo também influenciam decisivamente no desempenho dessa oleaginosa, já que determinam a disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio às plantas, bem como a resistência que o solo impõe ao crescimento das raízes. Ou seja, no Brasil há ambientes que apresentam oferta ambiental adequada às exigências ecofisiológicas da soja.

Além da evolução da produtividade de grãos, a soja experimentou aumentos expressivos de área cultivada no Brasil. Isso ocorreu por influência de várias forças motrizes, sobretudo bons fundamentos de mercado, alta liquidez, cultivo altamente mecanizado, baixa necessidade de mão de obra e amplo portfólio de tecnologias disponíveis. Notadamente na última década, muitas áreas ocupadas com pastagens perenes, especialmente com espécies do gênero *Urochloa* (braquiárias), foram cultivadas com soja. Muitas dessas áreas apresentam baixos teores de argila – inferiores a 20% - e altos teores de areia. Essa condição de textura determina baixa capacidade de retenção de água, carbono orgânico e nutrientes e alta suscetibilidade à erosão. Aliado a isso, em geral, as áreas arenosas onde ocorre a expansão da soja se encontram em regiões quentes, com alta evapotranspiração. Ou seja, há convergência de dois fatores negativos ao cultivo da soja nessas circunstâncias. Se por um lado o solo retém pouca água, de outro, o consumo de água é alto. Em relação ao carbono orgânico, é o mesmo raciocínio, pois há necessidade de acumular matéria orgânica no solo para melhorar a sua estrutura e aumentar a CTC (capacidade de troca de cátions) e a retenção de água, mas o ambiente é quente, o que acelera a mineralização do material orgânico. Isso impõe um grande desafio ao manejo do sistema de produção nessas áreas para permitir o cultivo da soja com rentabilidade satisfatória.

Não obstante ao desafio em se cultivar soja em solos arenosos, no tocante à lógica de maximizar a eficiência dos sistemas de produção, a inserção da soja em áreas de pastagens perenes representa uma alternativa para compor sistemas integrados com gramíneas pastejadas ou não, refletindo-se em vários benefícios agrônômicos e econômicos, principalmente pela sinergia do cultivo de espécies gramíneas (pastagens) com espécies leguminosas – no caso a soja. Nesse ponto de vista, a inserção da soja de forma integrada com pastagens em regiões com solos arenosos pode ser uma grande oportunidade para otimizar o uso dessas áreas. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva apresentar e discutir algumas informações obtidas no estado do Paraná sobre o cultivo de soja em solos arenosos, buscando a sustentabilidade dos sistemas de produção nessas circunstâncias ambientais.

O nexso soja - solos arenosos - Sistema Plantio Direto (SPD)

Frente à necessidade imperativa de conservação do solo e da água, por meio de práticas que minimizem a erosão; aumento da retenção de água e nutrientes no solo; melhoria de atributos biológicos do solo; redução de picos de temperatura no solo; diminuição da infestação de plantas daninhas; e maior agilidade operacional nas atividades agropecuárias, o SPD pode ser considerado “pedra angular” para o cultivo de espécies anuais em solos arenosos, incluindo a soja. Outras tecnologias ligadas à cadeia produtiva da soja, tais como o manejo fitossanitário apresentam menos particularidades em solos arenosos em relação a solos argilosos.

Grande parte das áreas com condição para cultivo da soja e que apresentam solos arenosos se encontram atualmente ocupadas com pastagens perenes. As primeiras práticas necessárias para a implantação correta da soja em áreas de pastagem com algum nível de degradação envolvem: correção de desníveis, já que a semeadura e, sobretudo a colheita, devem ser realizadas em terreno sem grandes irregularidades; calagem; gessagem; e fosfatagem. Salienta-se que a correção da fertilidade química do solo deve ser fundamentada em laudos de análise do solo.

Um questionamento frequente diz respeito à necessidade ou não de incorporar o calcário em áreas com pastagens degradadas e que necessitam de calagem para o cultivo de soja. Dados obtidos em Moreira Sales, PR, indicam que a correção da acidez até 12 meses da aplicação foi mais rápida com a incorporação do calcário com arado e grade (20 cm de profundidade) (Figura 1). Contudo, após 30 meses da aplicação, os valores de pH do solo com e sem incorporação foram similares, principalmente na camada de 0-10 cm. Além do custo para a incorporação do calcário, é necessário considerar que o revolvimento desestrutura o solo, acelera a mineralização da matéria orgânica e expõe o solo à erosão, o que, sob o ponto de vista da sustentabilidade dos sistemas de produção, é inadequado, principalmente levando-se em consideração a fragilidade dos solos arenosos. Por outro lado, no processo de incorporação do calcário ocorre o nivelamento do terreno, o que é interessante para o cultivo da soja. Nesse sentido, é preciso analisar caso a caso a necessidade ou não em incorporar o calcário antes da inserção da cultura da soja.

Um ponto relevante no preparo das áreas para cultivo da soja é a necessidade de estruturação rápida do solo logo após eventual revolvimento para correção da acidez ou mesmo em alguns pontos da área para correção de desníveis. Isso é um fator fundamental para a sustentabilidade do sistema de produção, pois solos arenosos desestruturados e sem cobertura vegetal viva e/ou morta são muito suscetíveis à erosão hídrica. Uma alternativa é realizar o revolvimento quando necessário e, logo após, implantar uma espécie forrageira com grande crescimento de raízes, com a finalidade de estruturar rapidamente o solo, reduzindo o processo erosivo e melhorando a qualidade do solo.

A Embrapa Agropecuária Oeste desenvolveu um sistema denominado “São Mateus” (SALTON et al., 2013), que visa promover a correção química e física do solo em curto período de tempo. Adicionalmente, é importante mencionar a grande importância do terraceamento e do cultivo em nível como estratégias para contenção da água de enxurrada, bem como a sistematização de estradas, sempre objetivando a conservação do solo e da água nesse ambiente tão sensível ao processo erosivo.

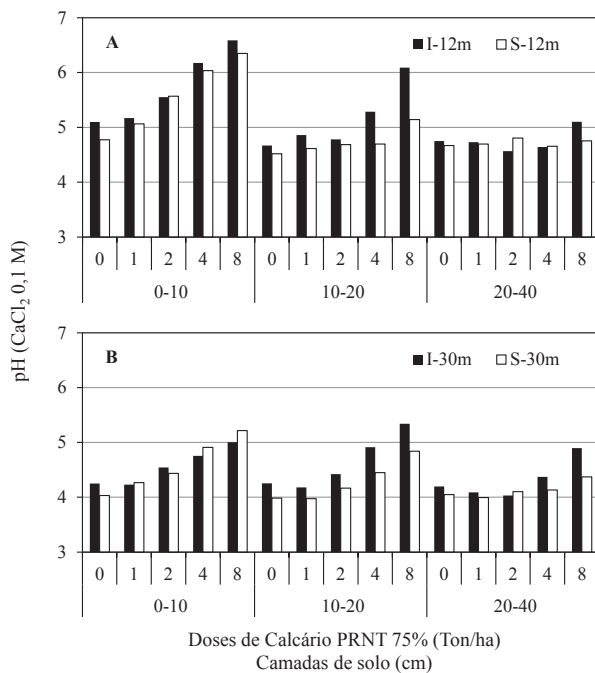


Figura 1. pH do solo (CaCl_2 0,1 M) em três camadas (0-10, 10-20 e 20-40 cm) após 12 e 30 meses (m) da aplicação de calcário em diferentes doses, em superfície (S) ou incorporado (I) a 20 cm de profundidade. Moreira Sales, PR, 2008 (Embrapa Soja/Coamo).

O papel-chave da cobertura permanente do solo e do crescimento de raízes

O cultivo de soja em solos arenosos pressupõe a cobertura total e permanente deste, seja por plantas ou palha (Figura 2). Em primeiro lugar, a cobertura do solo reduz substancialmente as perdas de água por evaporação, o que é de fundamental importância em solos com baixa capacidade de armazenamento de água disponível às plantas. Em trabalho conduzido em solo arenoso (aproximadamente 130 g kg^{-1} de argila na camada de 0-30 cm) manejado sob SPD, ANDRADE (2008) concluiu que a cobertura do solo com 3 e 6 t ha^{-1} de palha de aveia preta proporcionou reduções de, aproximadamente 18% e 38% na perda de água do solo por evaporação em relação ao solo descoberto, respectivamente. Essa diminuição das perdas de água está associada principalmente à reflexão da radiação solar pela palhada, o que diminui a energia disponível para o aquecimento do solo e, consequentemente, a evaporação da água. A redução dos picos de temperatura do solo nas horas mais quentes do dia é outro importante benefício da cobertura do solo, com reflexos positivos sobre a absorção de água e nutrientes pelas raízes, bem como sobre a eficiência de processos intermediados por micror-

ganismos, como a fixação biológica do nitrogênio. Conforme SALTON & MIELNICZUK (1995), o efeito combinado da maior cobertura e maior umidade do solo no SPD proporciona reduções de até 9,1° C na temperatura máxima de um solo arenoso a 5 cm de profundidade, em relação ao sistema de preparo convencional. Além disso, a cobertura do solo minimiza o processo erosivo, diminui o selamento superficial, melhora a plantabilidade da soja e reduz a emergência de plantas daninhas. Nesse sentido, é fundamental o planejamento das espécies a serem cultivadas ao longo do tempo, evitando que o solo fique descoberto (FRANCHINI et al., 2012).



Figura 2. Soja cultivada sobre palha abundante de pastagem de *U. brizantha*, safra 2008/09, Jardim Olinda, PR (Embrapa Soja/Cocamar).

O uso de espécies forrageiras com metabolismo fotossintético C4, que apresentam alta eficiência fotossintética, intercalado com o cultivo de soja, é uma estratégia importante para aumentar a quantidade de carbono orgânico incorporado ao solo e para produzir alta quantidade de palha, com alta relação C/N e, consequentemente, que tenha lenta taxa de decomposição. Essas espécies apresentam crescimento de raízes vigoroso, mesmo em profundidades superiores a 0,8 m, contribuindo para a formação de perfil de solo com adequada qualidade, o que facilita o crescimento da soja semeada em sucessão. Adicionalmente, é relevante mencionar a alta capacidade dessas espécies em ciclar nutrientes, aumentando o aproveitamento desse recurso, que apresenta custo elevado. Na Figura 3, observa-se o grande efeito do crescimento de raízes de *U. brizantha* sobre a redução da resistência do solo à penetração de um solo arenoso, especialmente na camada de 10-

40 cm, comparativamente à área cultivada com milho safrinha. O papel das espécies forrageiras na descompactação biológica do solo é importante fator para a sustentabilidade dos sistemas de produção, favorecendo o crescimento radicular da soja cultivada em sequência e aumentando a capacidade de infiltração, a condutividade hidráulica e o armazenamento de água disponível às plantas. Com isso, a capacidade da soja em tolerar períodos de deficiência hídrica sem grandes perdas de produtividade é aumentada. É importante considerar que o potencial de estruturação do solo e incorporação de carbono orgânico em profundidades superiores a 25 cm pelas forrageiras tropicais é elevado. Na camada de 0-100 cm, a massa seca de raízes acumulada por espécies forrageiras tropicais, em um período de apenas sete meses (cultivo de 2ª safra), é próxima de 4 t ha⁻¹ (Figura 4). Quando as forrageiras tropicais são cultivadas em uma mesma área por mais tempo, o que geralmente ocorre em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) em regiões com tradição em pecuária, a quantidade de raízes produzidas por estas espécies aumenta substancialmente. Dados obtidos pela Embrapa Soja mostram que a massa seca de raízes de *U. brizantha* “Xaraes” na camada de 0-100 cm aumentou de aproximadamente 4 t ha⁻¹ aos 7 meses para quase 9 t ha⁻¹ aos 18 meses após a semeadura.

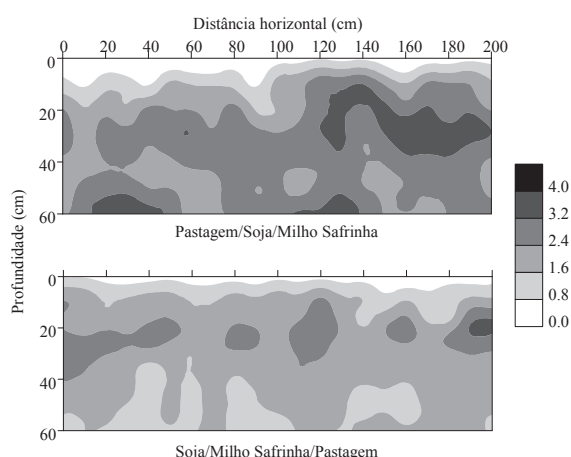


Figura 3. Perfis de resistência do solo à penetração (escala em MPa), em diferentes fases de um sistema de integração lavoura-pecuária. Jardim Olinda/PR, Embrapa Soja/Cocamar, 2008.

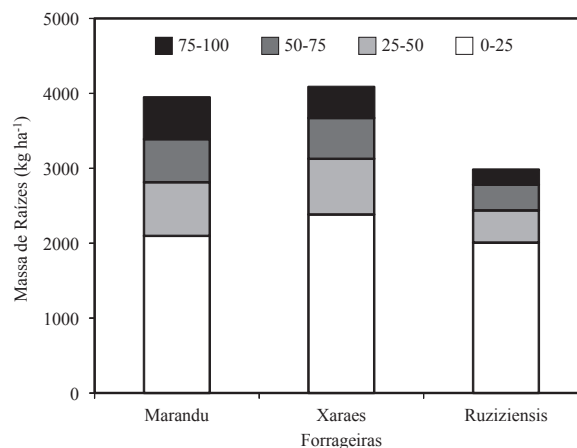


Figura 4. Massa seca de raízes de forrageiras tropicais (kg ha⁻¹) produzidas durante o período de março a outubro de 2008, em quatro camadas de solo. Embrapa Soja, 2009.

Dentre as espécies forrageiras tropicais, a que tem demonstrado maiores benefícios ao crescimento de raízes de soja semeada em sucessão é a *U. ruziziensis* (Figuras 5 e 6). Talvez esse efeito benéfico decorra da menor relação C/N em relação a outras espécies forrageiras tropicais. Outra possibilidade é a liberação de compostos químicos que estimulem o crescimento radicular da soja. Adicionalmente, a *U. brizantha* também tem demonstrado muitos benefícios no crescimento das raízes de soja cultivada em sucessão. Observa-se que, para uma mesma área radicular da espécie forrageira, a área radicular da soja cultivada em sequência é maior após *U. ruziziensis* e *U. brizantha*, comparativamente a *Panicum maximum* cv. “Tanzânia” (Figura 7), reforçando que, além dos efeitos positivos das raízes das forrageiras sobre a estrutura do solo (proporcionais à quantidade de raízes), existem outros fatores associados ao crescimento radicular da soja que são alterados de modo positivo pelo cultivo das braquiárias. Esses resultados demonstram a grande relevância da inserção dessas espécies de braquiária nos sistemas de produção em solos arenosos. Certamente, a sustentabilidade da produção de grãos em solos arenosos depende muito do cultivo de espécies forrageiras como *U. ruziziensis* e *U. brizantha*. É importante mencionar, entretanto, que em áreas que apresentam altas populações do nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*), o uso das braquiárias deve ser avaliado com critério, pois são hospedeiras desse importante parasita, o que pode aumentar os problemas em culturas como a soja e o milho.

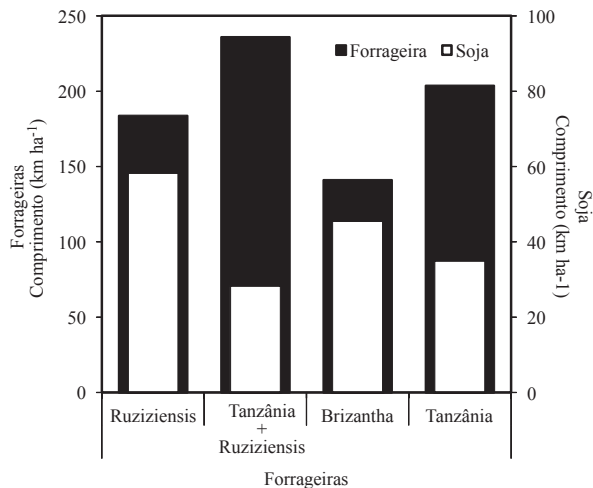


Figura 5. Distribuição do sistema radicular da soja cultivada após diferentes espécies forrageiras na camada de 0,00-1,00 m de profundidade. Estância JAE, 02/2007, Santo Inácio - PR.

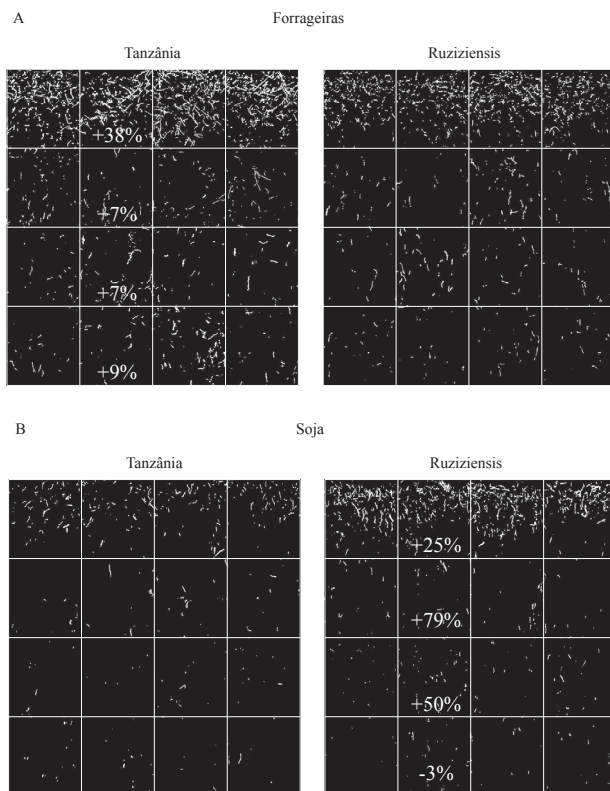


Figura 6. Distribuição de raízes de espécies forrageiras (A) e da soja cultivada em sucessão às forrageiras (B) na camada de 0,00-1,00 m de profundidade. Estância JAE, Santo Inácio, PR

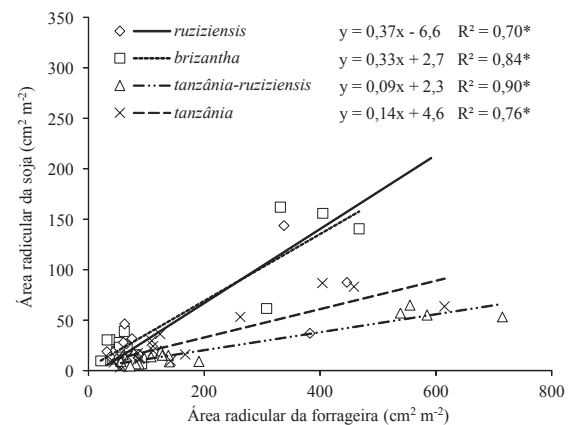


Figura 7. Relação entre a área radicular de quatro espécies forrageiras e área radicular da soja cultivada em sucessão na camada de 0,00-1,00 m de profundidade. Santo Inácio, PR.

Outro fator positivo decorrente da inserção de espécies forrageiras em integração com a soja diz respeito à abundância da macrofauna no solo (Figura 8). As pastagens, em geral, proporcionam um ambiente com menor distúrbio mecânico e/ou químico no solo o que, associado ao maior aporte de material orgânico (parte aérea e raízes), permite maior sobrevivência e reprodução de organismos no solo. A presença de organismos no solo é relevante porque pode influenciar de forma positiva vários atributos químicos e físicos do solo e, desse modo, o desempenho da soja cultivada em sequência.

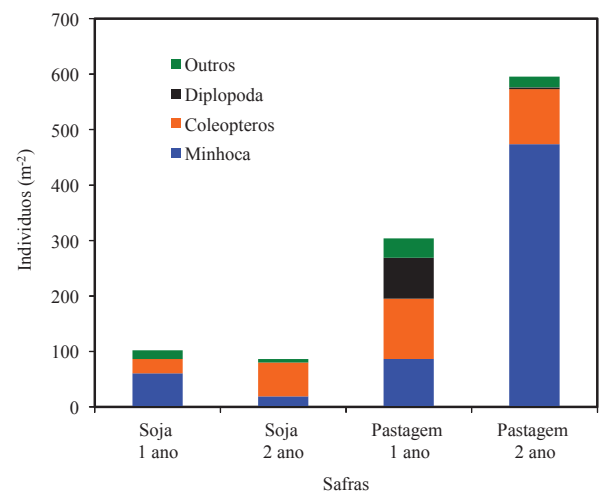


Figura 8. Abundância da macrofauna no solo após diferentes fases de condução do sistema integração lavoura pecuária em Jardim Olinda, PR, 2009. Embrapa Soja/Cocamar. Dados adaptados de OLIVEIRA et al. (2009).

Alguns cuidados no manejo da cultura da soja em solos arenosos

Em ambientes de produção que apresentam solos arenosos e clima quente, é necessário que todas as práticas de manejo da cultura da soja sejam realizadas de forma adequada, pois, nessa situação, erros técnicos não são tolerados. A escolha de cultivares que apresentam adaptação a solos arenosos é uma decisão relevante para o sucesso da cultura. Nesse caso, o potencial produtivo é característica importante, mas a estabilidade de produção ao longo dos anos em solos arenosos sempre deve ser considerada, principalmente porque pode estar associada à maior tolerância ao déficit hídrico e maior resistência a doenças, como *Macrophomina phaseolina*, por exemplo. Adicionalmente, é importante que o produtor utilize mais de uma cultivar, semeadas nas épocas mais adequadas para as mesmas. Em relação à época de semeadura, há necessidade de evitar que períodos com maior probabilidade de déficit hídrico coincidam com as fases de florescimento e enchimento de grãos da soja, pois nessas fases a falta de água causa elevadas reduções de produtividade na soja.

No momento da semeadura da soja em solos arenosos, um cuidado especial que deve ser tomado é a realização da inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*, via sementes ou sulcos, de acordo com as recomendações técnicas. Em solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica no solo e clima quente, a sobrevivência das bactérias é dificultada, por isso os cuidados com a inoculação devem ser intensificados. Uma técnica que tem demonstrado excelentes resultados é a inoculação no sulco de semeadura, principalmente porque evita o contato das bactérias com os agrotóxicos utilizados para o tratamento das sementes.

Outra observação importante no momento da semeadura é a regulagem das semeadoras para alocar a quantidade de sementes necessárias à obtenção de densidades de plantas de acordo com as indicações do obtentor das cultivares. Densidades muito baixas podem conferir desperdícios de recursos do ambiente (água, luz e nutrientes). Por outro lado, densidades muito altas podem aumentar em demasia o consumo de sementes, a incidência e severidades de algumas doenças e, em algumas situações, acentuar as perdas devido a déficit hídrico (PROCÓPIO et al., 2013).

Desempenho da soja em solos arenosos: algumas experiências no Noroeste do Paraná

Em muitas situações, o desempenho produtivo da soja é inferior em solos arenosos em relação a solos argilosos, o que pode ser explicado principalmente pela ocorrência de deficiência hídrica nas fases de florescimento e enchimento dos grãos. Isso decorre da baixa capacidade de armazenamento de água no solo e de altas temperaturas. Todavia, em muitas regiões que possuem solos arenosos esse não é um problema usual, em decorrência da alta precipitação pluvial durante o ciclo da cultura, como ocorre em muitas regiões do Brasil Central.

No Noroeste do Paraná – região que apresenta grande parte das áreas com solos muito arenosos – há trabalhos mostrando adequada produtividade da soja quando o solo é manejado em SPD e em ILP. Por outro lado, em alguns solos dessa região, pertencentes à formação Caiuá, mesmo empregando o SPD e ILP de forma adequada, as produtividades médias de culturas anuais são baixas. Isso ocorre porque nessa formação o teor de areia grossa (partículas com 0,2-2 mm) é elevado, enquanto que de areia fina (0,02-0,2 mm) é baixo, provocando baixa capacidade de retenção de água no solo (FIDALSKI et al., 2013). O diagnóstico preciso do fracionamento de areia fina e grossa é fundamental para verificar o potencial de determinada área para cultivo de espécies graníferas anuais, como a soja.

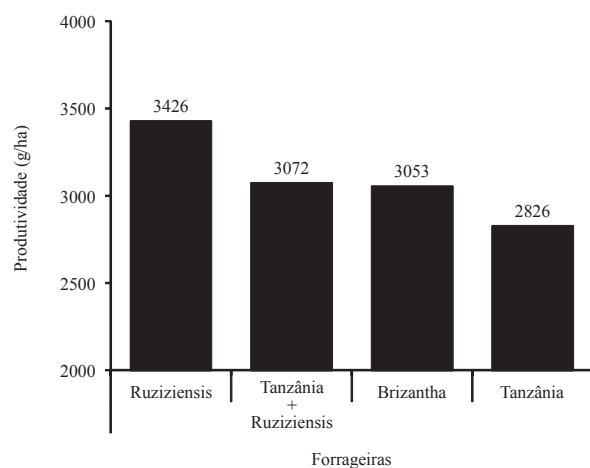
Em situações em que há grande quantidade de palha de espécies forrageiras, com alta relação C/N, e solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica, questiona-se sobre os benefícios da adubação nitrogenada sobre o desempenho da soja cultivada em sucessão. Em trabalho desenvolvido em Iporã, PR, constatou-se que a fertilização nitrogenada com 20 ou 45 kg ha⁻¹ de N aplicados em diferentes estádios da cultura não promoveu aumento no crescimento das plantas e na produtividade de grãos (Tabela 1). No entanto, é necessário enfatizar que, em ambientes de produção em que há solos arenosos e alta temperatura, cuidado especial deve ser tomado no processo de inoculação, seja via sementes ou sulcos de semeadura.

Tabela 1. Desempenho da cultivar BMX Potência RR em diferentes estratégias de adubação nitrogenada, Iporã, PR, 2013/14

Tratamentos	Massa seca de folhas (kg ha ⁻¹)	Massa seca de caule (kg ha ⁻¹)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Testemunha	2.680 ^{ns}	2.980 ^{ns}	3.158 ^{ns}
20 kg ha ⁻¹ de N na semeadura	2.580	2.780	3.167
45 kg ha ⁻¹ de N na semeadura	3.180	2.920	3.414
20 kg ha ⁻¹ de N em R1	2.980	3.200	3.249
45 kg ha ⁻¹ de N em R1	2.880	2.980	3.277
20 kg ha ⁻¹ de N em R5.2	2.800	3.240	3.342
45 kg ha ⁻¹ de N em R5.2	2.680	2.800	3.306
C.V. (%)	20,8	25,2	8,3

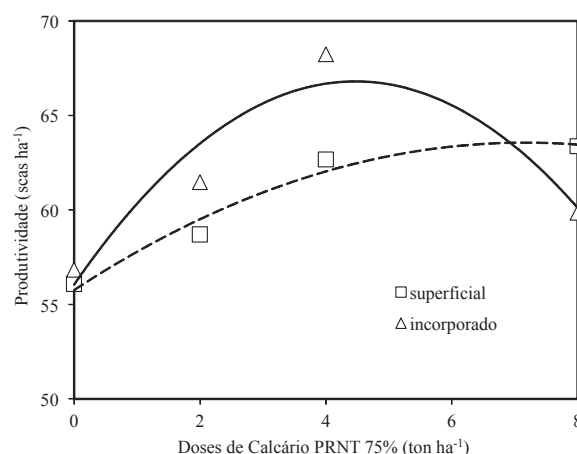
^{ns} Diferenças não significativas a 5% de probabilidade do erro. Dados adaptados de BALBINIOT JUNIOR et al. (2014)

Em experimento conduzido em Santo Inácio, PR, verificou-se que a soja cultivada após *U ruziziensis* apresentou produtividade superior ao cultivo em sucessão a outras espécies forrageiras tropicais (Figura 9). Uma das razões pode ser o maior crescimento de raízes de soja em sucessão a essa espécie forrageira, como discutido anteriormente (Figuras 5, 6 e 7), o que conferiu à soja maior tolerância a períodos de deficiência hídrica.

**Figura 9.** Produtividade da soja cultivada após diferentes espécies forrageiras. Estância JAE, 02/2007, Santo Inácio - PR.

Em relação ao efeito da incorporação ou não do calcário sobre a produtividade da soja em solos arenosos, verifica-se na Figura 10 que, no primeiro ano após a calagem, a oleaginosa obteve maior produtividade na dose de aproximadamente 4 t ha⁻¹ com incorporação. Todavia, nas safras subsequentes,

a produtividade da soja foi similar entre os sistemas (safra 2007) ou inclusive maior (safra 2008) com a aplicação do calcário em superfície (Figura 11). A manutenção da qualidade estrutural do solo, construída previamente pelo crescimento radicular da pastagem e pela adição de material orgânico, constitui-se no principal explicação para o melhor desempenho produtivo da soja após a 1ª safra nos tratamentos sem incorporação de calcário. Esses resultados corroboram com os dados de pH do solo apresentados anteriormente (Figura 1) e indicam a possibilidade de aplicação superficial de calcário em situações que o alumínio tóxico não é muito elevado.

**Figura 10.** Produtividade de soja em área de primeiro ano sob pastagem degradada em diferentes doses de calcário aplicado em superfície ou incorporado. Embrapa Soja/Coamo, Moreira Sales, 2006.

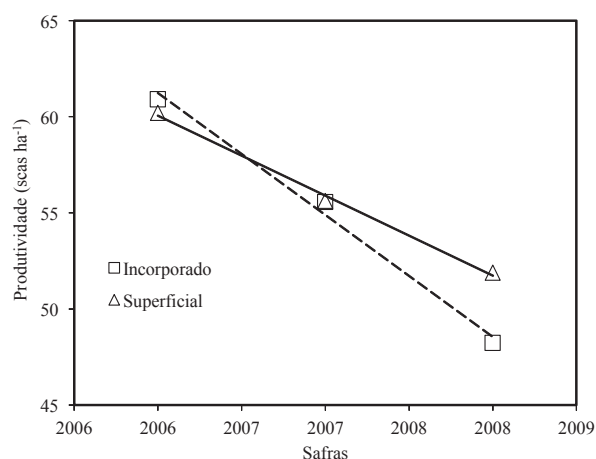


Figura 11. Produtividade de soja em três safras após a calagem realizada em superfície ou incorporada a 20 cm de profundidade (média de 4 doses de calcário). Embrapa Soja/Coamo, Moreira Sales, 2006.

A inserção da soja em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) também vem sendo avaliada no Noroeste do Paraná. No entanto, um dos principais questionamentos quanto a esse sistema é a interferência das árvores na soja, ou mesmo em outras culturas anuais e nas pastagens cultivadas entre os renques. Nas duas primeiras safras, a produtividade da soja nos entre renques foi similar à obtida sem a presença das árvores, já que as árvores ainda estavam jovens, com baixa interceptação da radiação solar e reduzido consumo de água e nutrientes. Todavia, na terceira safra (2011/2012), a produtividade normalizada da soja, em relação à amostra sem a presença de árvores que apresentou a maior produtividade (2.790 kg ha⁻¹), foi de 96,2 % (variando de 73,4 a 100,0%) na ausência de árvores e 93,3 % (variando de 55,7 a 106,8%) na presença de árvores (Figura 12) (FRANCHINI et al., 2014). Nessa safra, a perda média de produtividade ocasionada pela presença do eucalipto foi de 2,9%. Verificou-se que a soja localizada próxima dos renques foi afetada negativamente pela competição imposta pelas árvores, provavelmente em função do aumento da competição por água, luz e nutrientes.

Na quarta safra de soja após a implantação do eucalipto (2012/2013), a produtividade média normalizada da soja, em relação à amostra sem presença de árvores que apresentou a maior produtividade (2.964 kg ha⁻¹), foi de 97,6 % (variando de 63,6 a 100,0%) na ausência de árvores e 70,6 % (variando de 39,5 a 85,1%) na presença de ár-

vores. A perda média de produtividade ocasionada pela presença do eucalipto foi de 27,0% (Figura 13). A variabilidade dos resultados na quarta safra foi maior para a área dentro dos renques em relação à área fora dos renques. Esse resultado demonstra que no sistema iLPF utilizado, com baixa densidade de plantas de eucalipto, mas com renques próximos (14 m), a soja pode ser cultivada sem reduções expressivas de produtividade somente até a terceira safra após a implantação das árvores.

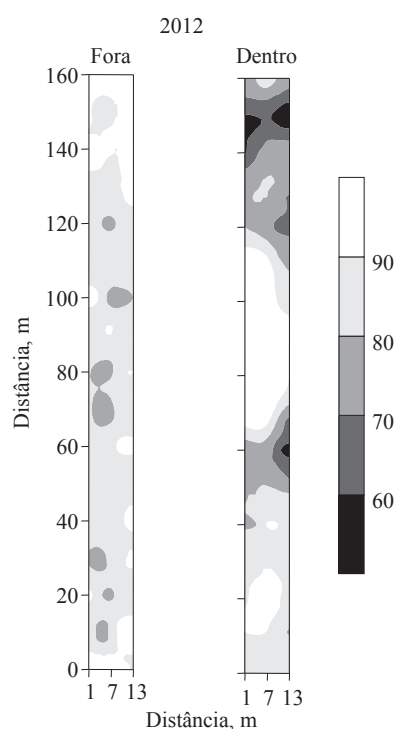


Figura 12. Mapas de produtividade normalizada da soja (%) dentro dos entre renques de eucalipto *Urograndis* e fora da interferência das árvores, em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, Santo Inácio, PR, safra 2011/12. Fonte: FRANCHINI et al. (2014)

Na quarta safra as perdas são expressivas em razão do alto potencial das árvores em utilizar luz, água e nutrientes. Nesse contexto, o efeito negativo da interferência do eucalipto pelos recursos do meio sobre a soja apresentou maior relevância do que os possíveis benefícios microclimáticos observados em sub-bosque, como redução de temperaturas máximas, aumento da umidade relativa do ar e diminuição da evapotranspiração (BERNARDINO; GARCIA, 2009; SOUZA et al., 2010). Uma das formas para reduzir o efeito negativo do eucalipto sobre a produtividade de grãos de soja é o aumento da distância entre os renques, diminuindo a interceptação de luz e uso de água e nutrientes pelas árvores.

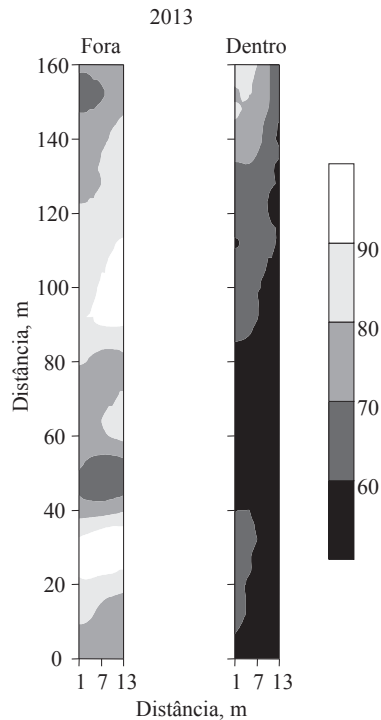


Figura 13. Mapas de produtividade normalizada da soja (%) dentro dos entre renques de eucalipto *Urograndis* e fora da interferência das árvores, em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, Santo Inácio, PR, safra 2012/13. Fonte: FRANCHINI et al. (2014).

Tecnologias futuras que podem impactar no cultivo de soja em solos arenosos

Em ambientes que apresentam solos arenosos e clima quente, dificilmente o cultivo da soja será desvinculado de forrageiras tropicais, pastejadas ou não. Nesse sentido, o aperfeiçoamento de sistemas que integram agricultura e a pecuária, bem como agricultura, pecuária e floresta, considerando as especificidades regionais, será de grande importância na definição de tecnologias que permitam o cultivo da soja nesse tipo de ambiente, com rentabilidade e sustentabilidade ambiental.

O ajuste nas práticas de manejo do solo e da cultura, tais como: calagem, fertilização, melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo no perfil (1 m de profundidade); época de semeadura; espaçamento e densidade de plantas; e ajuste no manejo fitossanitário, considerando as características de solo e clima, poderão auxiliar no cultivo da soja em ambientes arenosos. Em regiões que apresentam disponibilidade de água e energia, o uso de irrigação em sistemas intensivos de produção pode ser uma alternativa, embora mereça análise criteriosa quanto à sua viabilidade econômica.

Por sua vez, o melhoramento genético clássico e por meio da biotecnologia, possivelmente terá papel relevante na obtenção de genótipos mais tolerantes ao calor e ao déficit hídrico. O uso integrado dessas tecnologias pode resultar em um modelo tecnológico apropriado ao cultivo da soja em solos arenosos, favorecendo a expansão da cultura em várias regiões brasileiras.

Referências

- ANDRADE, J. G. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional.** 2008. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; REIS, R. F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; MANDARINO, J. M. G.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; IWASAKI, G. S. Adubação nitrogenada na soja cultivada em solo arenoso no sistema de integração lavoura-pecuária. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 34., 2014, Londrina.
- Resumos expandidos...** Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 40-41.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 60, n. 1, p. 77-87, 2009.
- FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A.; ALVES, S.J.; AULER, P.A.M. Influência das frações de areia na retenção e disponibilidade de água em solos das formações Caiuá e Paranaíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 613-621, 2013.
- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TONON, B. C.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N.; TORRES, E. Evolution of crop yields in different tillage and growing systems over two decades in Southern Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 137, n. 1, p. 178-185, 2012.
- FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SICHIERI, F. R.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Yield of soybean, pasture and wood in integrated crop-livestock-forest system in Northwestern Paraná state, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, número especial, p. 999-1005, 2014.

OLIVEIRA, L. J. O.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; PASSINI, A.; SACOMAN, A.; SILVA, J. R.; FRANÇA, C.; CARRARA, R. Abundância da macrofauna do solo em diferentes fases de um sistema de integração lavoura-pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. Seção Trabalhos Científicos, t. 2846. 1 CD-ROM.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE,

F. M.; ALMEIDA, R. G. **Sistema São Mateus – Sistema de Integração Lavoura-Pecuária para a região do Bósão Sul-Mato-Grossense**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 186).

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 313-319, 1995.

SOUZA, W.; BARBOSA, O.R.; MARQUES, J.A.; COSTA, M.A.T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 685-694, 2010.

Patrocínio:

Rede de Fomento ILPF



Dow AgroSciences



JOHN DEERE



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Circular Técnica, 116



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n, acesso Orlando
Amaral, C.P. 231, CEP 86001-970, Distrito de Warta,
Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000 Fax: (43) 3371 6100
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

1ª edição
Publicação digitalizada (2016)

Comitê de publicações

Presidente: Ricardo Villela Abdelnoor
Secretário-Executivo: Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite
Membros: Alvaldi Antonio Balbinot Junior, Claudine Dinali Santos Seixas, Fernando Augusto Henning, José Marcos Gontijo Mandarino, Liliane Márcia Mertz-Henning, Maria Cristina Neves de Oliveira, Norman Neumaier e Vera de Toledo Benassi.

Expediente

Supervisão editorial: Vanessa Fuzinato Dall'Agnol
Normalização bibliográfica: Ademir Benedito Alves de Lima
Editoração eletrônica: Marisa Yuri Horikawa